ARTICULATA 2006 21 (2): 169–182 ÖKOLOGIE

Populationsstruktur, Dispersionsverhalten und Habitatpräferenzen der Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus* L.) in der Fränkischen Schweiz

Marina Weibart & Klaus Fischer

Abstract

Population structure, dispersal behaviour and habitat preferences of *Psophus stridulus* L. were studied from the end of July until the end of October 2005 at three sites in the Franconian Switzerland, using mark release-recapture techniques. To analyse dispersal behaviour, each of the three sites was again divided in three subsites (A, B, C). In total 633 males and 349 females were marked and, including all recaptures, 1731 males and 695 females were observed. The recapture-rate was 66.2% for males and 48.7% for females. With 66.8 m (mean maximum distance between two sightings) males showed a higher mobility than females (34.1 m), and also had larger home ranges (978.3 m^2 compared to 282.4 m^2). Only 18.2% of marked males and 3.7% of marked females moved between subsites. Higher levels of inter-patch dispersal were found between patches within continuous habitats and seperated by short distances only compared to those isolated by other biotopes and larger distances. Consequently *P. stridulus* is a quite resident species, although a few males showed a substantial dispersal potential. Clearly though, females represent the limiting factor for colonizing new habitats because they can hardly overcome barriers like sparse pine forests and only move relatively short distances. *P. stridulus* prefers in the Franconian Switzerland short-turfed (mean vegetation hight 8 cm), southwest facing slopes of calcareous grassland as habitat, while high vegetation structures were avoided. Out of several structural components, vegetation height was the best predictor for the occurence of *P. stridulus.*

Zusammenfassung

Untersuchungen zu Populationsstruktur, Dispersionsverhalten und Habitatpräferenz der Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus* L.) wurden Ende Juli bis Ende Oktober 2005 in drei Untersuchungsgebieten in der Fränkischen Schweiz durchgeführt. Angewendet wurde die Fang-Wiederfangmethode mittels Individualmarkierung. Die drei Gebiete wurden nochmals in drei Teilflächen unterteilt. Insgesamt wurden 633 Männchen und 349 Weibchen markiert und, einschließlich aller Wiederfänge, wurden 1731 Männchen und 695 Weibchen beobachtet. Die Wiederfangrate betrug für die Männchen 66,2%, für die Weibchen 48,7%. Männchen zeigten mit 66,8 m (mittlere Maximaldistanz zwischen zwei Fundorten) eine höhere Mobilität als Weibchen mit 34,1 m und hatten im Mittel größere Aktionsräume (978,3 m^2) als Weibchen (282,4 m^2). Nur 18,2% der markierten Männchen und 3,7% der Weibchen wechselten die Teilflächen. Auf

zusammenhängenden Magerrasenflächen und bei geringen Entfernungen zwischen Teilflächen wanderten mehr Tiere als bei größeren Entfernungen und anderer Biotopstruktur. Anhand dieser Daten kann man *P. stridulus* als relativ ortstreu bezeichnen, obwohl zumindest einige Männchen ein hohes Mobilitätspotential erkennen ließen. Weibchen allerdings stellen den limitierenden Faktor bei der Besiedlung neuer Habitate dar, da sie Barrieren wie beispielsweise lichte Kiefernwälder nur schwer überwinden können und nur geringe Entfernungen zurücklegten. *P. stridulus* bevorzugt in der Fränkischen Schweiz lückige, warm-trockene und südwestlich exponierte Kalkmagerrasenhänge als Habitat. Die Art besiedelt Magerrasen mit niedriger Vegetation (im Mittel 8 cm) und einem Deckungsgrad von 80%, während höhere Vegetation gemieden wurde. Von einer Auswahl verschiedener Parameter hatte die Vegetationshöhe den größten Einfluss auf das Vorkommen von *P. stridulus*.

Einleitung

In den letzten Jahren wurden rückläufige Tendenzen bei den Beständen zahlreicher Heuschreckenarten festgestellt (FRÖHLICH 1993). Dies ist auch bei der euroasiatisch verbreiteten Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus*) der Fall. Die Art wird in Bayern als stark gefährdet eingestuft (STERNAD 2001, HEMP 2003). Für effektive Schutzmaßnahmen sind vertiefte Kenntnisse zu Populationsdynamik und -struktur, Ausbreitungsfähigkeit und präzisen Habitatansprüchen unerlässlich (CLARK & SEEBECK 1990, HOVESTADT et al. 1991). Die Mobilität einer Art und das damit verbundene Ausbreitungs- und Neubesiedlungspotential ist besonders im Hinblick auf die Überlebensfähigkeit in der heutigen, von stetem Wandel geprägten Kulturlandschaft wichtig (MADER 1985, REICH 1991). Ein gravierendes Problem ist auch die zunehmende Verinselung und Verkleinerung von Habitaten, welche durch Barrieren und immer größere Entfernungen voneinander getrennt sind (KIMBERLY & CRIST 1995, SETTELE et al. 1996, WETTSTEIN & SCHMID 1999, ZSCHOKE et al. 2000). *P. stridulus* bevorzugt halboffene, kurzrasige und trocken-warme Magerrasen (BUCHWEITZ 1998, HEMP 2003, STERNAD 2001, WEIHRAUCH 2003). Seit circa 1860 ist ein Rückgang von Kalkmagerrasen in der Nördlichen Frankenalb zu verzeichnen (WEID 1996). Durch die Aufgabe der Schafbeweidung, Intensivierung der Landwirtschaft und Aufforstungen wurden vielerorts die Kalkmagerrasen vernichtet (FLEUTER & MICKOLEIT 1993). Die noch vorhandenen Flächen sind durch fortschreitende Sukzession bedroht. In dieser Studie wurden Grundlagendaten für einen gezielten Schutz von *P. stridulus* erhoben. Sie soll dadurch einen Beitrag zum langfristigen Erhalt der Art auf Kalkmagerrasen leisten.

Untersuchungsgebiet und Probeflächen

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Naturpark "Fränkische Schweiz - Veldensteiner Forst", welcher die Nördliche Frankenalb umfasst. Die "Fränkische Schweiz" liegt in Nordbayern zwischen Bayreuth, Bamberg und Nürnberg. Die "Scholle" der Frankenalb ist durch Ablagerungen des flachen Jurameeres im Mesozoikum (Erdmittelalter) entstanden. Die verschiedenen Ablagerungen werden in die

Schichtenfolge des Schwarzen Jura (Lias), Braunen Jura (Dogger) und Weißen Jura (Malm) unterteilt. Der Malm bildet dabei die eigentliche, felsenreiche Albtafel. Er besteht unter anderem aus ungeschichteten Kalken. Zu diesen gehören auch die sekundär dolomitisierten, durch Schwämme aufgebauten, Rifffelsen. Dolomit ist härter als normaler Kalkstein und entsteht, wenn sich in hellen Kalkstein (Calciumkarbonat) Magnesium einlagert. Die Fränkische Schweiz ist eine typische Karstlandschaft. Weil Wasser schnell versickert, gibt es nahezu keine stehenden Oberflächengewässer. Als Karsterscheinungen finden sich auf der flachwelligen oder kuppigen Hochfläche alte Trockentäler (nach WALTER 1988, LUZAR 2004). Das Klima des Gebietes ist rau, mäßig feucht und kann als angedeutetes Mittelgebirgsklima gelten. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7,6 °C (KNOCH 1952).

Vegetation und Nutzung
Die Untersuchungen fanden auf Kalkmagerrasen statt, worunter man Wärme- und Trockenheit ertragende Rasengesellschaften basenreicher Standorte versteht. Solche Halbtrockenrasen des Verbandes Mesobromion können nur durch menschliche Nutzung (extensive Schafbeweidung oder Mahd) existieren. Bei Ausbleiben der Nutzung entwickeln sich die Halbtrockenrasen über Gebüschstadien (Schlehen-Liguster-, Schlehen-Weißdorn- oder Schneeball-Hartriegel-Gebüsche) zu Wäldern. Die Kalkmagerrasenflächen entstanden in den vergangenen Jahrhunderten durch Rodung der Wälder und wurden als Schaf-, Ziegen- und Rinderweide genutzt. Mit dem Rückgang der Beweidung ab Mitte des 19. Jahrhunderts setzte Verbuschung und damit eine drastische Reduktion der Kalkmagerrasen ein. Weitere Flächen gingen durch Fichten- und Kiefernaufforstungen verloren (WEISEL 1971). So entstand ein Mosaik aus isoliert liegenden Kalkmagerrasenresten unterschiedlicher Sukzessionsstadien. Zwischen offen liegenden Flächen erstrecken sich ausgedehnte Waldbereiche, vor allem Kiefernaufforstungen (WALTER 1988, LUZAR 2004).

Untersuchungsflächen
Die Untersuchungsflächen sollten vornehmlich der Untersuchung des Dispersionsverhaltens von *P. stridulus* dienen. Zunächst wurden Gebiete mit ausreichend großen Populationen gesucht. Außerdem sollten die Gebiete groß genug sein, um in drei Teilflächen aufgeteilt werden zu können. Weiterhin wurden bei der Auswahl der Untersuchungsflächen verschiedenartig strukturierte Landschaftsausschnitte (unterschiedlichen Isolationsgrades; vgl. Tab. 4) berücksichtigt, um den Einfluss von Barrieren zu untersuchen. Die Wahl fiel auf drei Untersuchungsgebiete im Raum Pottenstein (Hohe Leite, Prüllsbirkig und Haselbrunn), die wiederum in je drei Teilflächen aufgeteilt wurden (Tab. 1). Alle drei Gebiete stellen durch Pflegemaßnahmen erhaltene, südlich exponierte Kalkmagerrasenhänge dar.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum zwischen dem 20.07. und 31.10.2005 durchgeführt. Um Daten über das Verhalten der einzelnen Tiere zu erhalten, wurden sie mit Hilfe eines Schmetterlingsnetzes gefangen, individuell markiert und am Ort des Fanges wieder freigelassen (Fang-Wiederfangmethode, z.B.

MÜHLENBERG 1989). Eine detaillierte Beschreibung des verwandten Markierungssystems mit einer ausführlichen Analyse ist bei BUCHWEITZ & WALTER (1992) nachzulesen (Punct-Code-System unter Anfärbung sowohl der Kontroll- als auch der Zählpunkte mit Lackfarbstiften). Nicht mehr identifizierbare Individuen traten bei der Verwendung dieser Methode nicht auf. Zum Fang der Tiere wurden die Untersuchungsflächen langsam in parallelen Streifen von etwa 1,5 m Breite hangabwärts abgegangen, jedes entdeckte Tier wurde gefangen. Alle Teilflächen eines Untersuchungsgebietes wurden innerhalb eines Tages bearbeitet. Das Gebiet Hohe Leite wurde insgesamt 17mal abgegangen, das Gebiet Prüllsbirkig 14mal und das Gebiet Haselbrunn 18mal. Zusätzlich wurden einige Nebenflächen sporadisch nach Wiederfängen abgesucht. Die Koordinaten der Fundorte wurden in einem GPS-Gerät (Garmin GPS eTrex Summit; ± 3-5 m) gespeichert. Die Wanderstrecken der einzelnen Individuen wurden im Programm *Manifold System 6.50* digital ausgemessen, indem die Fundpunkte in zeitlicher Reihenfolge in gerader Linie miteinander verbunden wurden. Bei Mehrfachwiederfängen wurden die Mittelwerte der Einzelwanderstrecken sowie die Maximaldistanz (gerade Strecke zwischen den beiden am weitesten voneinander entfernt liegenden Fundpunkten) bestimmt. Als Methode zur Bestimmung des Aktionsraumes oder "home range" (BURT 1943) wurde das "minimum convex polygon" (WHITE & GARROT 1990), als die Umhüllende der ermittelten Fundorte, verwandt.

Zur Analyse der Habitatpräferenzen von *P. stridulus* wurden verschiedene Strukturparameter (s.u.) an je 300 Fundpunkten männlicher und weiblicher Tiere sowie an je 300 nicht besetzten Kontrollflächen erfasst. Die Kontrollflächen wurden gleichmäßig anhand eines Rastersystems auf die Untersuchungsflächen verteilt. Die Daten der Fundorte wurden anschließend mit denen der Kontrollen verglichen, um eine bevorzugte Habitatstruktur von *P. stridulus* herausarbeiten zu können. Auf einer Fläche von einem Quadratmeter um den betreffenden Fund- bzw. Kontrollort wurden der Deckungsgrad der Vegetation bei senkrechter Projektion (%), die Hangneigung (°), die Exposition (Himmelsrichtung, °), der Abstand zum nächsten Gehölz (m) und die mittlere Vegetationshöhe (cm) bestimmt. Nachfolgend werden alle Mittelwerte mit Standardfehler angegeben.

Tab. 1: Meereshöhe, maximale Ausdehnung und Größe der Teilflächen A, B, C der drei Untersuchungsgebiete im Raum Pottenstein, Fränkische Schweiz.

Gebiet	Höhe (mNN)	Ausdehnung (m)	A (m^2)	B (m^2)	C (m^2)
Hohe Leite	480-534	320	4000	3500	4500
Prüllsbirkig	442-462	560	5500	5000	1500
Haselbrunn	443-448	360	2500	3500	4500

Ergebnisse

Fangergebnisse, Wiederfangrate und Wiederfanghäufigkeit

In den drei Untersuchungsgebieten wurden insgesamt 982 Tiere (633 Männchen und 349 Weibchen) markiert. Insgesamt ergaben sich 1444 Wiederfänge, davon 1098 Männchen und 346 Weibchen. Die Weibchen wiesen mit 48,7% eine niedrigere Wiederfangrate auf als die Männchen mit 66,2% (Tab. 2). Männchen wurden im Mittel (2,7 ± 0,1) signifikant häufiger wieder gefangen als Weibchen (1,9 ± 0,1; $F_{1,962} = 43,1$; $p < 0,001$). Die Maximalzahl an Wiederfängen betrug für Männchen und Weibchen je 8.

Tab. 2: Fangergebnisse von *P. stridulus* in drei Untersuchungsflächen nahe Pottenstein. M = Männchen, W = Weibchen. Die Wiederfänge enthalten auch Mehrfachwiederfänge eines Individuums; Wiederfangquote: Alle min. 1x wieder gefangenen Individuen.

Gebiet	Markierte Individuen			Wiederfänge			Wiederfangquote (%)		
	M	W	M+W	M	W	M+W	M	W	M+W
Hohe Leite	219	97	316	317	101	418	62,1	49,5	58,2
Prüllsbirkig	150	90	240	276	76	352	66,0	40,0	56,3
Haselbrunn	264	162	426	505	169	674	69,7	53,1	63,4
Gesamt	633	349	982	1098	346	1444	66,2	48,7	60,0

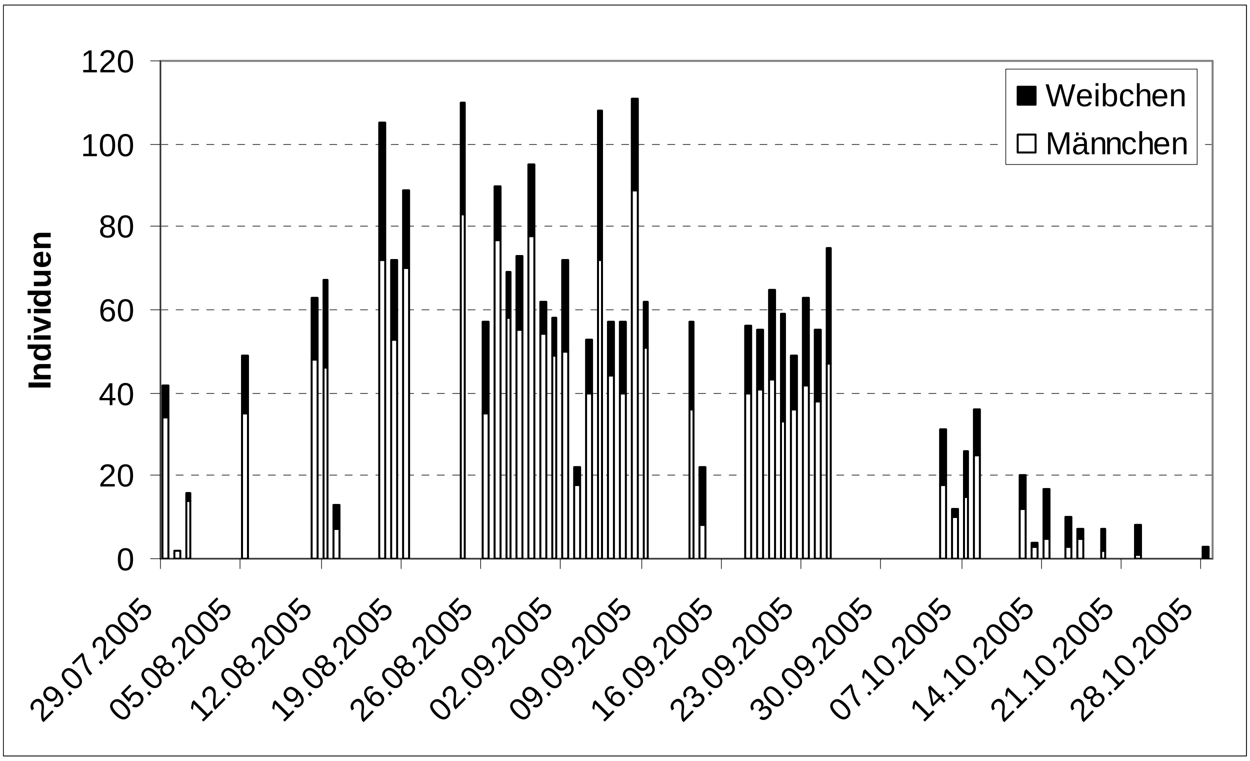


Abb. 1: Tagessummen der Beobachtungen (Fänge und Wiederfänge) von Männchen und Weibchen von *P. stridulus*, dargestellt für alle drei Gebiete; n= 2426.

Phänologie und Verweildauer der Imagines

Die ersten Imagines wurden am 29.07.05 beobachtet, die letzten am 28.10.05. Anfangs überwogen die Männchen deutlich, zum Ende der Saison wurden etwas mehr Weibchen beobachtet (Abb. 1). Die Beobachtungszahlen erreichten Mitte bis Ende August ihr Maximum und gingen dann leicht zurück, blieben im September ziemlich konstant und erfuhren ab Oktober einen rapiden Rückgang (Abb. 1). Das Wetter beeinflusste die Beobachtungen. Die Lücken in Abb. 1 sind auf schlechtes Wetter zurückzuführen. Suboptimale Bedingungen erklären auch die auffällig niedrigen Zahlen an einigen Tagen. Männchen verweilten im Mittel 27,0 Tage, Weibchen 25,8 Tage in den Gebieten (Unterschied nicht signifikant, $F_{1,587} = 0,9$; $p = 0,350$). Die maximale Lebensspanne eines Männchens betrug 72 Tage, eines Weibchens 81 Tage.

Mobilität

Einzelwanderstrecken, Maximaldistanzen und Aktionsräume

Männchen (42,4 ± 2,1 m) legten im Mittel signifikant größere Einzelwanderstrecken als Weibchen (24,3 ± 1,4 m; $F_{1,568} = 42,7$; $p < 0,001$) zurück (wobei zu berücksichtigen ist, dass sich Männchen im Gegensatz zu Weibchen auch fliegend fortbewegen können). Der Maximalwert für Einzelwanderstrecken bei Männchen betrug 476,1 m, bei Weibchen 127,5 m. Auch die Maximaldistanz zwischen den am weitesten entfernt liegenden Fundpunkten eines Individuums war bei Männchen (66,8 ± 2,4 m) im Mittel signifikant größer als bei Weibchen (34,1 ± 2,3 m; $F_{1,568} = 50,5$; $p < 0,001$). Die höchst ermittelte Maximaldistanz betrug bei Männchen 476,1 m, bei Weibchen 185,2 m. Auch die Aktionsräume der Männchen waren mit einer mittleren Fläche von 978,3 ± 76,4 m^2 signifikant größer als die der Weibchen (282,4 ± 40,4 m^2; $F_{1,364} = 40,6$; $p < 0,001$). Männchen erreichten einen maximalen Aktionsraum von 7170,7 m^2, Weibchen von 2203,4 m^2.

Wanderungen zwischen den Teilflächen

Die Häufigkeitsverteilung der Biotopwechsler in den drei Untersuchungsgebieten unterschieden sich signifikant von einer gleichmäßigen Verteilung ($\chi^2_2 = 20,8$; $p < 0,001$). Im Gebiet Prüllsbirkig (4,6%) wanderten weniger Individuen zwischen den Teilflächen als in Haselbrunn (14,8%) und der Hohen Leite (17,1%; Tab. 3). Weibchen wechselten weniger häufig zwischen Teilflächen als Männchen. In Prüllsbirkig sind die Entfernungen zwischen den Teilflächen größer als in den anderen Gebieten (Tab. 4). Außerdem liegen zwischen den Teilflächen hier keine Magerrasen, wie dies bei den anderen Flächen zumindest überwiegend der Fall ist. Nur zwischen den Teilflächen A und B im Gebiet Hohe Leite ist lichter Kiefernwald und nicht Magerrasen vorhanden. Trotzdem wanderte hier eine hohe Anzahl von Männchen, aber keine Weibchen (Tab. 4). Zwischen den Teilflächen A und B des Gebietes Haselbrunn sind die meisten Tiere gewechselt. Zwischen den Teilflächen befindet sich Magerrasen und die Entfernung ist kurz. Die Tendenz, dass auf offenen Magerrasen und bei geringen Entfernungen mehr Tiere wandern als bei größeren Entfernungen und anderer Biotopstruktur, ist durchgängig vorhanden (Tab. 4).

Tab. 3:
Anzahl von Biotopwechslern zwischen den Teilflächen der drei Untersuchungsflächen sowie deren prozentualer Anteil an den insgesamt markierten Tieren; M = Männchen; W = Weibchen.

Gebiet	M	W	M (%)	W (%)	M+W (%)
Hohe Leite	52	2	23,7	2,1	17,1
Prüllsbirkig	11	0	7,3	0	4,6
Haselbrunn	52	11	19,7	6,8	14,8
Gesamt	115	13	18,2	3,7	13,0

Tab. 4: Entfernungen (m), Biotopstruktur (KW = lichter Kiefernwald) und Anzahl gewanderter Männchen (M) und Weibchen (W) zwischen den Teilflächen der einzelnen Untersuchungsflächen (auch mehrfach gewanderte Tiere).

Gebiet	Teilfl.	Entf. (m)	Biotopstruktur	M	W
Hohe Leite	A/B	27	KW	26	0
Hohe Leite	A/C	192	KW + Magerrasen	5	0
Hohe Leite	A/Ca	91	KW + Magerrasen	7	0
Hohe Leite	B/C	125	Magerrasen	5	0
Hohe Leite	B/Ca	20	Magerrasen	7	2
Hohe Leite	C/Ca	60	Magerrasen	2	0
Prüllsbirkig	A/B	113	KW	10	0
Prüllsbirkig	B/C	332	Acker, Straße + KW	0	0
Prüllsbirkig	A/C	411	Acker, Straße + KW	1	0
Haselbrunn	A/B	40	Magerrasen	39	8
Haselbrunn	B/C	36	Magerrasen	22	2
Haselbrunn	A/C	155	Magerrasen	5	1

Strukturparameter und Habitatpräferenzen
Deckungsgrad, Exposition und Vegetationshöhe unterschieden sich signifikant zwischen Fund- und Kontrollorten, Hangneigung und Gehölzabstand jedoch nicht (Tab. 5). Fundorte wiesen einen niedrigeren Deckungsgrad, eine westlichere Exposition und eine geringere Vegetationshöhe als Kontrollpunkte auf.

Einfluss der Strukturparameter auf das Vorkommen von *Psophus stridulus*
Um herauszufinden, welche Parameter das Vorkommen von Männchen und Weibchen am stärksten beeinflussen, wurden verallgemeinerte, nicht-lineare Modelle mit binomialer Fehlerverteilung und Logit-link-Funktion verwendet. Fund/Kontrolle war hierbei die abhängige Variable, die verschiedenen Strukturparameter waren die Einflussvariablen (Tab. 6). Die Vegetationshöhe hatte so-

wohl bei Männchen als auch bei Weibchen einen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen von *P. stridulus*. Bei Weibchen spielen außerdem die Faktoren Hangneigung, Exposition und Gehölzabstand eine Rolle.

Tab. 5: Mittelwerte (± 1 SE) verschiedener Strukturparameter an Fundorten von *P. stridulus* und an zufällig gewählten Kontrollorten (n.s. = Unterschied nicht signifikant; x: p < 0,05; xxx: p < 0,001; ANOVA-Ergebnisse). Die Stichprobenzahl ist durchgehend 300 pro Gruppe.

Strukturparameter	Fundorte	Kontrolle	Signifikanz
Deckungsgrad (%)	79,3 ± 1,2	82,7 ± 1,3	x
Hangneigung (°)	11,3 ± 0,4	11,9 ± 0,5	n.s.
Exposition (°)	211,6 ± 0,9	199,0 ± 2,2	xxx
Gehölzabstand (m)	8,9 ± 0,3	9,7 ± 0,3	n.s.
Vegetationshöhe (cm)	8,0 ± 0,1	12,6 ± 2,2	xxx

Tab. 6: Einfluss verschiedener Strukturparameter auf das Vorkommen von Männchen und Weibchen von *P. stridulus*; Ergebnisse nicht-linearer Modelle mit Binomialverteilung und Logit-link-Funktion für alle Gebiete zusammen; Wald = Chi-Quadrat.

	Männchen				Weibchen		
Effekt	FG	Wald	P	Effekt	FG	Wald	P
Veg.höhe (cm)	1	26,7	<0,0001	Veg.höhe (cm)	1	38,2	<0,0001
Gehölzabst. (m)	1	2,4	0,1176	Hangneigung (°)	1	7,2	0,0071
Exposition (°)	1	2,3	0,1278	Exposition (°)	1	6,5	0,0105
Deckung (%)	1	2,3	0,1312	Gehölzabst. (m)	1	4,0	0,0468
Hangneigung (°)	1	2,0	0,1569	Deckung (%)	1	1,9	0,1709

Diskussion

Fangergebnisse, Wiederfangrate und Wiederfanghäufigkeit

Die Anzahl an markierten Tieren, die Wiederfänge und Beobachtungszahlen sind im Vergleich zu anderen Untersuchungen an Heuschrecken hoch (z.B. REICH 1991, KOLB & FISCHER 1994, BUCHWEITZ 1993, JANSSEN & REICH 1998). Die Datengrundlage kann somit als entsprechend gut bewertet werden. Die Populationen können anhand der Anzahl gefangener Tiere als groß eingestuft werden. Die erzielten Wiederfangquoten (Männchen: 66,2%; Weibchen: 48,7%) stimmen gut mit anderen Studien an *P. stridulus* überein. BUCHWEITZ (1993) erzielte für

Männchen eine Wiederfangquote von 70% und für Weibchen eine von 60%, JANSSEN & REICH (1998) für Männchen 57% und für Weibchen 40%. Die niedrigere Wiederfangrate bei den Weibchen ist wahrscheinlich auf deren unauffällige Lebensweise, Flugunfähigkeit, geringe Mobilität und Tarnfärbung zurückzuführen. Sie wurden daher vermutlich häufiger übersehen als Männchen, die auffälliger und aktiver sind.

Phänologie und Verweildauer

Die Phänologie von Feldheuschrecken wird in hohem Maße von der Witterung beeinflusst (KALTENBACH 1962). Sie steuert Entwicklungsgeschwindigkeit, Mortalität und Fekundität (DEMPSTER 1963, UVAROV 1977, BEGON 1983). Kühle und feuchte Witterung beeinträchtigt die Larven und hemmt deren Entwicklung (DEMPSTER 1963). Die ersten Imagines wurden in den Untersuchungsgebieten am 29.07.05 gefunden, die letzten am 28.10.05. Nach BELLMANN (1985) treten adulte Tiere von Juli/August bis Oktober auf. Als frühester Fund für ein erwachsenes Tier wird der 1. Juli 1935 in Todtnau (Baden-Württemberg; Hochschwarzwald) genannt. Bei BUCHWEITZ (1998) war der späteste Fund eines Tieres der 15. November. Die Tiere traten relativ spät in der Fränkischen Schweiz auf, vermutlich aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen.

Mobilität , Aktionsräume und Ausbreitungspotential

Nach unseren Ergebnissen muss die Mobilität von *P. stridulus,* zumindest für die Weibchen, eher als gering eingestuft werden. Dies wird auch in den Studien von BUCHWEITZ (1993) und JANSSEN & REICH (1998) belegt. Hierbei muss man jedoch berücksichtigen, dass die Wanderstrecken entscheidend von der Ausdehnung der Untersuchungsgebiete und der Wahrscheinlichkeit, auch weit gewanderte Tiere zu finden, abhängen. Männchen sind im Gegensatz zu den Weibchen durchaus in der Lage, auch weitere Strecken zu überwinden. Vor allem die kleinen Aktionsräume der Weibchen limitieren jedoch die Ausbreitungsdynamik, da Dispersionstendenzen kaum zu erkennen sind. Neubesiedlungen können jedoch nur durch (begattete) Weibchen erfolgen, die durch ihre Eiablage den Grundstock für neue Populationen bilden. Offensichtlich können Weibchen allein Gebiete in relativ geringer Entfernung besiedeln. Zudem wirkten sich Barrieren insbesondere auf die Weibchen negativ aus (s.u.). Das geringe Ausbreitungspotential der Weibchen hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass sie flugunfähig sind und sich "laufend" fortbewegen müssen. Durch ihre deutlich höhere Mobilität können Männchen allerdings zum genetischen Austausch zwischen Lokalpopulationen beitragen, deren Weibchen bereits voneinander isoliert sind (REICH 1991). Dies könnte besonders für individuenarme Populationen von Bedeutung sein.

Zwischen den einzelnen Teilflächen wanderten nur relativ wenige Männchen und kaum Weibchen (Tab. 3). Neben der Entfernung einzelner Habitate voneinander haben Struktur und Breite potentieller Barrieren einen entscheidenden Einfluss auf die Dispersionsfähigkeit (HANSSON 1991). Dies wurde durch unsere Ergebnisse bestätigt. Es ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsflächen, wobei sich große Entfernungen und Nicht-Habitatflächen negativ auf den Individuenaustausch auswirkten. Lichter Kiefernwald stellte für Männchen keine nennenswerte Barriere dar, aber sehr wohl für Weib-

chen, bei welchen Nachweise für die Überwindung von Kiefernwäldern fehlen. Allerdings muss man berücksichtigen, dass die Kiefernwälder der Nördlichen Frankenalb einen sehr lichten, offenen Steppenheidecharakter mit vorwiegend unverbuschten Beständen haben, der nirgends sonst so ausgeprägt ist (HEMP 1995). Da beim Flug vor allem Lichtorientierung eine Rolle spielt wird angenommen, dass dichte, stark beschattete Waldbestände auch für Männchen eine Barriere darstellen (GERBER & TEMPLETON 1996). Nach HEMP (1996, 2000) können für *Podisma pedestris* sogar Gebüschriegel eine Wanderbarriere darstellen. Die Landstraße und die Ackerflächen, die in Prüllsbirkig die Teilfläche C von A und B trennen, scheinen auch für Männchen ein kaum zu überwindendes Hindernis darzustellen. Nach HEUSINGER (1988) können geschlossene Wälder, Äcker und Straßen als wirkungsvolle Barrieren angesehen werden.

Deckungsgrad und Vegetationshöhe

Unter den eher rauen Bedingungen der Fränkischen Schweiz war eine Bevorzugung mikroklimatisch begünstigter Standorte zu erwarten. Hierfür spricht, dass die Fundorte niedrigere Deckungsgrade und Vegetationshöhen aufwiesen als die Kontrollpunkte. Dadurch wird ersichtlich, dass *P. stridulus* eine lückige, niedrigwüchsige Struktur bevorzugt. Allerdings wurden die Imagines nicht an Stellen mit sehr geringen Deckungsgraden gefunden. Offensichtlich bieten die besiedelten Südwesthänge mit ihrer niedrigeren Vegetationshöhe auch bei höheren Deckungsgraden die nötigen Wärmesummen. Dies muss nicht zwangsläufig auch für die Juvenilstadien gelten (SÄNGER 1977), deren Ansprüche hier nicht untersucht wurden. Dichte und Höhe der Vegetation können vor allem für Eiablageplätze von Bedeutung sein, da bei der Entwicklung der Eigelege hohe Wärmesummen nötig sind (SÄNGER 1977). Weibchen vieler Feldheuschrecken bevorzugen daher offenen Boden zur Eiablage (RICHARDS & WALOFF 1954, für *P. stridulus* siehe HEMP & HEMP 1996). HEMP (2003) stellte fest, dass Nymphen von *P. stridulus* besonders vegetationsschüttere Stellen bevorzugen, während Imagines, vor allem Männchen, auch in dichteren Beständen zu finden sind. Eine etwas dichtere Krautschicht bietet zudem Nahrung sowie Schutz vor Feinden, Regen, Wind und vor zu intensiver Sonneneinstrahlung. Besonders bei Larven wird die Austrocknungsgefahr verringert (BROCKSIEPER 1978).

Hangneigung und Exposition

Bei dem Vergleich zwischen Fund- und Kontrollorten ergaben sich bei der Hangneigung keine signifikanten Unterschiede. *P. stridulus* wurde allerdings nur auf geneigten Flächen gefunden, wo sich auch die Kontrollen befanden. Die fehlende Signifikanz ist also methodisch bedingt und besagt nur, dass innerhalb der Hänge keine besonders flachen oder besonders stark geneigten Flächen aufgesucht wurden. Alle drei Gebiete liegen in südwestlicher Exposition. FRÖHLICH (1993) stellte vor allem bei thermophilen Heuschreckenarten eine Bevorzugung von Süd- und Südwesthängen fest. HEMP (2003) fand *P. stridulus* hauptsächlich auf südseitigen oder südwestlich geneigten Hängen. Ein südexponierter Hang auf der Nordhalbkugel erhält wesentlich mehr Sonnenstrahlung als ein nordexponierter Hang: Er ist deswegen trockener und wärmer als andere Flächen (REMMERT 1984). Zwischen Fund- und Kontrollorten gab es hier einen signifikanten Unterschied, denn *P. stridulus* wurde vor allem auf südwestlichen und nicht

auf südöstlichen Hängen gefunden. Dass *P. stridulus* nicht auf Südosthängen vorkommt, liegt wohl daran, dass Ost- gegenüber Westhängen thermisch benachteiligt sind (GEIGER 1961; SCHÄDLER 1998).

Einfluss der Strukturparameter auf das Vorkommen von *Psophus stridulus*
Sowohl für Männchen als auch für Weibchen hatte die Vegetationshöhe den stärksten Einfluss auf das Vorkommen von *P. stridulus*. Für die Männchen war dies der einzige Faktor mit einem signifikanten Einfluss. Die Habitatwahl der Weibchen wurde zudem von Hangneigung, Exposition und Gehölzabstand beeinflusst. Bevorzugt wurden an den Fundorten eine niedrigere Vegetation, geringere Hangneigung, westlichere Exposition und geringerer Abstand zu Gehölzen im Vergleich zu den Kontrollpunkten. Die komplexeren Habitatansprüche der Weibchen im Vergleich zu den Männchen könnte mit der Suche nach geeigneten Eiablageplätzen zusammenhängen.

Artenschutz
Als wichtigste Gefährdungsursache für *P. stridulus* ist der Lebensraumverlust zu nennen. Zum einen erfolgt durch die Aufgabe früherer Bewirtschaftungsformen wie der Schafbeweidung eine fortschreitende Sukzession. Verbuschung und Versaumung verringern die geeigneten Kalkmagerrasenflächen und sorgen für eine Verfilzung ehemals aufgelichteter Kiefernwälder. Zum anderen führen anthropogene Eingriffe wie Aufforstungen, Intensivierung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Lebensraumzerschneidung durch Straßenbau und Ausweitung von Siedlungsbereichen zu einem Lebensraumverlust (HEUSINGER 1988, FLEUTER & MICKOLEIT 1993, KOLB & FISCHER 1994). Dies führt zu einer zunehmenden Verkleinerung und Verinselung der Lebensräume (HEUSINGER 1988, BUCHWEITZ 1998). Will man trotzdem das Verschwinden charakteristischer xerothermer Arten verhindern, so sind Pflegemaßnahmen erforderlich (FLEUTER & MICKOLEIT 1993). Die wichtigste Maßnahme in der Fränkischen Schweiz ist die Erhaltung der Kerngebiete durch Verhinderung von Sukzession zur Stabilisierung der Populationen. Dies kann mittels extensiver Schafbeweidung und Entbuschungsmaßnahmen erreicht werden. Zu überlegen wäre auch die Etablierung eines Biotopverbundsystems, um die Habitatinseln zu verbinden und Barrieren zu überbrücken (HEUSINGER 1988, OPITZ et al. 1998).

Dank

Unser Dank gilt Bernd Raab und dem Landesbund für Vogelschutz Bayreuth für die gute Zusammenarbeit und die finanzielle Unterstützung.

Verfasser:
Marina Weibart
Am Berg 7
D-91257 Pegnitz
E-Mail: marina.weibart@web.de

Dr. Klaus Fischer
Universität Bayreuth
Lehrstuhl Tierökologie I
D-95440 Bayreuth
E-Mail: klaus.fischer@uni-bayreuth.de

Literatur

BEGON, M. (1983): Grasshopper populations and weather. The effects of insolation on *Chorthippus brunneus*. – Ecol. Entomol. 8: 361-370.

BELLMANN, H. (1985): Heuschrecken beobachten bestimmen. – Neumann-Neudamm, Melsungen; 216 S.

BROCKSIEPER, R. (1978): Der Einfluss des Mikroklimas auf die Verbreitung der Laubheuschrecken, Grillen und Feldheuschrecken im Siebengebirge und auf dem Rodderberg bei Bonn. – Decheniana Beih. 21: 1-141.

BUCHWEITZ, M. & WALTER, R. (1992): Individualmarkierung von Heuschrecken – ein Erfahrungsbericht. – Articulata 7: 55-61.

BUCHWEITZ, M. (1993): Zur Ökoogie der Rotflügeligen Schnarrschrecke *Psophus stridulus* (L. 1758) (Orthoptera: Saltatoria) unter besonderer Berücksichtigung der Mobilität, Populationsstruktur und Habitatwahl. – Articulata 8: 39-62.

BUCHWEITZ, M. (1998): Die Rotflügelige Schnarrschrecke. – In: Detzel, P: Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – Ulmer, Stuttgart: 395-400.

BURT, W.H. (1943): Territoriality and home range concepts as applied to mammals. – J. Mammal: 24: 346-352.

CLARK, T.W. & SEEBECK, J.H. (1990): Management and conservation of small populations. – Zoological Society, Chicago.

DEMPSTER, J.P. (1963): The population dynamics of grasshoppers and locusts. – Biol. Rev. 38: 490-529.

FLEUTER, C. & MICKOLEIT, G. (1993): Die Tagfalter- und Widderchenfauna verschieden bewirtschafteter Halbtrockenrasen in der Kalkeifel (Kreis Euskirchen, Nordrhein-Westfalen). – Ber. ANL 17: 179-186.

FRÖHLICH, C. (1993): Analyse der Habitatpräferenzen von Heuschreckenarten (Orthoptera: Saltatoria) in einem Mittelgebirgsraum unter Berücksichtigung regionaler Differenzierungen. – Diss. Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. – Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig; 646 S.

GERBER, A. & TEMPLETON, A.R. (1996): Population sizes and within-deme movement of *Trimerotropis saxatilis* (Acrididae), a grasshopper with a fragmented distribution. – Oecologia 105: 343-350.

HANSSON, L. (1991): Dispersal and connectivity in metapopulations. – Biol. J. Linn. Soc. 42: 89-103.

HEMP, A. & HEMP, C. (2000): Die Heuschrecken-Zönosen auf Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb und ihre Beziehung zur Vegetation. – Tuexenia 20: 259-281.

HEMP, A. (1995): Die landschaftsökologische Bedeutung der Dolomitkiefernwälder (*Buphthalmo-Pinetum*) in der Frankenalb. – Ber. ANL 19: 205-248.

HEMP, C. & HEMP, A. (1996): *Podisma pedestris* Linné, 1761 (Saltatoria: Acrididae, Catantopinae) in der Hersbrucker Alb. – Ber. ANL 20: 277-286.

HEMP, C. (2000): Wiederansiedlung von Rote-Liste Arten: *Podisma Pedestris* (L., 1758) (Caelifera: Acrididae, Melanoplinae). – Articulata 15: 233-241.

HEMP, C. (2003): Lebensraumansprüche und Verbreitung von *Psophus stridulus* (Orthoptera: Acrididae) in der Nördlichen Frankenalb. – Articulata 18: 51-70.

HEUSINGER, G. (1988): Heuschreckenschutz im Rahmen des Bayerischen Arten- und Biotopschutzprogrammes – Erläuterungen am Beispiel des Landkreises Weißenburg-Gunzenhausen. – Schr.-R. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 83: 7-32.

HOVESTADT, T., ROESER, J. & MÜHLENBERG, M. (1991): Flächenbedarf von Tierpopulationen. – Berichte aus der ökologischen Forschung, Forschungszentrum Jülich.

JANSSEN, B. & REICH, M. (1998): Zur Populationsstruktur und Mobilität von *Psophus stridulus* in einer alpinen Wildflußlandschaft. – Articulata 13: 121 - 125.

KALTENBACH, A. (1962): Zur Soziologie, Ethologie und Phänologie der Saltatoria und Dictyoptera des Neusiedlerseegebietes. – Wiss. Arb. Burgenland 24: 78-102.

KIMBERLY, A.W. & CRIST, T.O. (1995): Critical thresholds in species' responses to landscape stucture. – Ecology 76: 2446-2459.

KNOCH, K. (1952): Klimaatlas von Bayern. – Kissingen.

KOLB, K.H. & FISCHER, K. (1994): Populationsgröße und Habitatnutzung der Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus*, Inscecta: Saltatoria) im NSG "Steinberg und Wein-Berg"/Bayerische Rhön. – Articulata 9: 25-36.

LUZAR, N. (2004): Fränkische Schweiz. – Berg- und Freizeitverlag Nicole Luzar, Betzenstein; 260 S.

MADER, H.J. (1985): Welche Bedeutung hat Vernetzung für den Artenschutz? – Schr.reihe Dtsch. Rat Landespfl. 46: 631-634.

MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. – Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden, 430 S.

OBERDORFER, E. (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil II. – Gustav Fischer, Stuttgart, New York**;** 355 S.

OPITZ, S., KÖHLER, G. & MABELIS, A. (1998): Local movement of the grasshopper *Chortippus parallelus* (Zett.). – Proc. Exper. & Appl. Entomol. 9: 53-58.

REICH, M. (1991): Struktur und Dynamik einer Population von *Bryodema tuberculata* (Fabricius 1775) (Saltatoria, Acrididae). – Diss. Univ. Ulm; 105 S.

REMMERT, H. (1984): Ökologie – ein Lehrbuch. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 269 S.

RICHARDS, O.W. & WALOFF, N. (1954): Studies on the biology and population dynamics of British grasshoppers. – AntiLocust Bulletin 17: 1-182.

RIETZE, J. (1994): Zum Ausbreitungsverhalten von Feldheuschrecken; Erfahrungen, Methoden und Ergebnisse. – Articulata 9: 43-58.

SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken und der Raumstruktur ihrer Habitate. – Zool. Jahrb. Abt. Syst. 104: 433-488.

SCHÄDLER, M. (1998): Habitatnutzung dreier sympatrischer Feldheuschreckenarten (Orthoptera: Gomphocerinae) in einem xerothermen Lebensraummosaik. – Articulata 13: 149-162.

SCHLUMPRECHT, H. (2003): Kalk- und Sandmagerrasen. – In: SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G.: Heuschrecken in Bayern. – Ulmer, Stuttgart; 341-344.

SETTELE, J.,MARGULES, C., POSCHLOD, P., & HENLE, K. (1996): Species survival in fragmented landscapes. – Kluwer, Dortrecht.

STERNAD, H. (2001): Verbreitung, Gefährdung und Schutz der Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus* L. 1758) auf der Nördlichen Frankenalb. – Schr-R. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 156: 367-371.

UVAROV, B.P. (1977): Grasshoppers and Locusts, a handbook of general Acridology Vol. 2. – Centre for Overseas Pest Research, London.

WALTER, E. (1988): Wildpflanzen in der Fränkischen Schweiz und im Veldensteiner Forst. – Hoermann, Hof; 252 S.

WEID, S. (1996): Zur Ökologie von Wacholderheiden in der Fränkischen Schweiz. – Heimatbeilage zum Amtl. Schulanzeiger.

WEIHRAUCH, F. (2003): Rotflügelige Schnarrschrecke – *Psophus stridulus* (Linnaeus, 1758) – In: SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G.: Heuschrecken in Bayern. – Ulmer, Stuttgart: 199-202.

WEISEL, H. (1971): Die Bewaldung der Nördlichen Frankenalb. Ihre Veränderung seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. – Erlanger Geogr. Arb.

WETTSTEIN, W. & SCHMID, B. (1999): Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: effects of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. – J. Appl. Ecol. 36: 363-373.

WHITE, G.C. & Garrot, R.A. (1990): Analysis of wildlilfe radio-tracking data. – Academic Press, San Diego, California.

ZSCHOKKE, S., DOLT, C., RUSTERHOLZ, H.P., OGGIER, P., BRASCHLER, B., THOMMEN, G.H., LÜDIN, E., ERHARDT, A. &. BAUR, B. (2000): Short-term responses of plants and invertebrates to experimental small-scale grassland fragmentation. – Oecologia 125: 559-572.